

628  
3-24

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

ЗАЛОГА Михаил Иванович

УДК 628.543

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИМЕТИЛТЕРЕФТАЛАТА

05.17.08 – Процессы и аппараты химической технологии

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск – 1984

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им.С.М.Кирова

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Астахов В.А.
- Научный консультант - кандидат технических наук, доцент Челноков А.А.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Лецилин В.Н.  
кандидат технических наук, доцент Савушкин И.А.
- Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт мономеров (ВНИИМ) г.Тула

Защита диссертации состоится 5 июня 1984 г. в 14 часов на заседании специализированного совета К 056.01.03 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Белорусском технологическом институте им.С.М.Кирова по адресу: г.Минск, ул.Свердлова, 13А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского технологического института им.С.М.Кирова.

Автореферат разослан "3" мая 1984 г.

Ученый секретарь специализированного  
совета

Е.Д.ДЗЮБА

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В условиях научно-технической революции, ускоренного роста индустриального производства одной из актуальных проблем современности является взаимодействие общества с окружающей средой, сохранение биосферы для блага людей. От решения этой глобальной проблемы в конечном счете зависит будущее человечества. Проблема защиты биосферы от вредного воздействия непрерывно развивающегося промышленного производства может быть успешно решена только путем создания экологически безопасных, малоотходных и безотходных технологических процессов.

В производстве диметилтерефталата (ДМТ) - исходного мономера для получения полиэфирного волокна, образуется большое количество загрязненных сточных вод. Процесс очистки промышленных сточных вод в производстве ДМТ недостаточно изучен, не установлены содержание и состав примесей органических продуктов в них, не исследованы методы очистки стоков.

696609  
Анализ литературных и патентных данных показал, что имеющиеся методы очистки промышленных сточных вод производства ДМТ не позволяют добиться высокой степени выделения целевых продуктов, приводят к повторному загрязнению стоков и необходимости их дополнительной очистки.

Тема диссертационной работы посвящена актуальной проблеме - исследованию и разработке высокоэффективных методов очистки промышленных сточных вод производства ДМТ, решение которой позволит значительно сократить выбросы органических компонентов в стоки, возвратить в производство ценные вещества и предотвратить загрязнение окружающей среды.

Работа выполнена в соответствии с "Программой по снижению выбросов вредных веществ на предприятиях Министерства химической промышленности СССР на 1981-1985 годы, п. I. Ю."

Цель работы состоит в экспериментальном исследовании состава и разработке метода очистки сточных вод в производстве ДМТ, совершенствовании на этой основе технологии производства, что позволит создать малоотходную технологию и рекуперировать ценные органические продукты.

Научная новизна. Исследован состав сточных вод производства, проверены наиболее перспективные методы очистки сточных вод производства ДМТ. Для процесса

И. С. М. РИ

4

экстракционной очистки стоков исследованы и получены коэффициенты распределения органических веществ в экстрагенте — метилбензоате. Определена растворимость органических примесей сточных вод в метилбензоате. Исследован и использован метод ректификационной очистки стоков, который позволил снизить удельную норму расхода основного сырья — метанола на выпуск ДМТ. Разработана технологическая схема локальной очистки сточных вод с использованием улавливаемых продуктов в производстве ДМТ.

Новизна технических решений, предложенных в диссертационной работе, подтверждена тремя авторскими свидетельствами на изобретения.

Практическая ценность. Полученные результаты позволили разработать технологическую схему локальной очистки сточных вод, усовершенствовать технологию производства ДМТ, сократить сбросы органических продуктов в сточные воды. Органические вещества, сырье и полупродукты, улавливаемые из промышленных сточных вод, возвращаются в производство.

Реализация результатов работы. Результаты исследований и разработок внедрены на Могилевском производственном объединении "Химволокно" им. В.И.Ленина. Годовой экономический эффект составил 61,3 тыс. руб. в год.

Полученные результаты диссертационной работы могут быть использованы для проведения дальнейших исследований по очистке сточных вод и при разработке проектов на строительство и реконструкцию производства ДМТ.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены на Республиканской научно-технической конференции "Бессточные и малосточные производства — эффективная мера в рациональном использовании водных ресурсов" в 1982 году в г.Новополоцке; на научно-технической конференции Белорусского технологического института им. С.М.Кирова (г.Минск, 1983г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 6 работах, из них три — авторских свидетельства.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 154 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, обих выводов, библиографии, приложений, включает 22 рисунка, 22 таблицы и 26 страницы приложений.

Перечень использованной литературы включает 121 наименование работ отечественных и зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена характеристика современного состояния научно-технической проблемы очистки промышленных сточных вод производства ДМТ, поставлена цель работы, обоснована актуальность и новизна решаемых задач.

Первая глава посвящена анализу литературных и патентных данных по методам очистки сточных вод.

Приведен анализ современного состояния технологии очистки сточных вод производства ДМТ, отражены условия формирования и характеристика сточных вод.

Основными источниками образования сточных вод в технологической схеме производства ДМТ являются стадии окисления и этерификации. При совместном окислении *p*-ксилола и метилового эфира паратолуиловой кислоты кислородом воздуха образуется реакционная сточная вода, которая перед подачей на сжигание проходит очистку отстаиванием. Сточная вода после стадии этерификации образуется при взаимодействии паратолуиловой кислоты и монометилового эфира терефталевой кислоты с метанолом. Она поступает на очистку от метанола в ректификационную колонну, затем подается на биологическую очистку с предварительной нейтрализацией и усреднением в отстойниках. Объем образуемых сточных вод составляет 5 м<sup>3</sup> на тонну ДМТ.

Сточные воды производства ДМТ загрязнены органическими веществами - *p*-ксилолом, метанолом, *пт*-эфиром, метилбензоатом, ДМТ, *p*-толуиловой кислотой, монометилтерефталатом, а также низшими жирными кислотами - муравьиной, уксусной и их метиловыми эфирами.

Существующая схема очистки сточных вод производства ДМТ предусматривает огневое обезвреживание сточных вод после стадии окисления и биологическую очистку стоков после стадии этерификации. Однако известно, что ряд органических соединений, образующихся в производстве ДМТ, не подвергается биохимическому разрушению вследствие токсического их действия на микроорганизмы активного ила. Органические примеси, попадая на очистные сооружения в больших количествах, затрудняют их работу и приводят к большим потерям сырья и полупродуктов.

Анализ литературных и патентных источников показал, что существующие методы не позволяют эффективно очищать сточные воды и возвращать в производство ценные органические вещества, уловленные из стоков. Отсутствуют также данные о составе примесей в сточных водах производства ДМТ.

Вторая глава посвящена экспериментальным работам по исследованию процессов очистки сточных вод.

Разработаны методики определения состава примесей в промышленных сточных водах производства ДМТ. Проведены идентификация и количественное определение загрязнений в сточных водах. Показано, что в сточных водах находятся следующие органические примеси: метанол, метилацетат, муравьиная и уксусная кислоты, п-килол, метилбензоат, пт-эфир, монометилтерефталат, ДМТ и другие.

Установлено, что со сточными водами производства ДМТ теряется значительное количество органических веществ, которые могут быть уловлены и вторично использованы в процессе производства.

Рассмотрены регенеративные методы очистки стоков - экстракция, адсорбция, ректификация.

#### Экстракционный метод очистки.

Рассмотрены методы прямоточной и противоточной экстракции. Отмечено, что число теоретических ступеней экстракции определяется уравнением:

$$N + 1 = \frac{\lg \left[ 1 + \frac{X_k}{X_0} (\alpha^n - 1) \right]}{\lg \alpha^n} \quad (I)$$

где:  $X_k$  - концентрация вещества в воде после экстракции;

$X_0$  - концентрация вещества в воде, поступающей на экстракцию;

$\alpha$  - коэффициент распределения;

$n$  - объемное соотношение фаз;

$N$  - число теоретических ступеней экстракции.

Показано, что скорость передачи растворенного вещества (компонент А) через поверхность раздела фаз выражается уравнением:

$$dN_A = K_{cd} dA (x_c - x_{ci}) = K_d dA (x_{di} - x_d) \quad (2)$$

где:  $K_c$  и  $K_d$  — коэффициенты массоотдачи, которые определяются:

$$K_c = \frac{D_c}{\delta_c}; \quad K_d = \frac{D_d}{\delta_d} \quad (3)$$

На основании теории Уитмана Льюиса коэффициент распределения  $H$  равен:

$$H = \frac{x'_d}{x_c} = \frac{x_{di}}{x_{ci}} \quad (4)$$

где:  $x_{di}$  — концентрация растворенного вещества на поверхности раздела фаз;

$x_{ci}$  — концентрация сплошной фазы на поверхности раздела.

После преобразования уравнений 2 и 4 получим уравнение коэффициентов массопередачи:

$$K_{од} = \frac{1}{K_{од}} = \frac{1}{K_d} + \frac{H}{K_c} \quad (5); \quad K_{ос} = \frac{1}{K_{ос}} = \frac{1}{K_c} + \frac{1}{HK_d} \quad (6)$$

Экспериментально определены коэффициенты распределения между органическими примесями (п-ксилол, метанол, п-эфир) и экстрагентами (п-ксилол, метилбензоат). Подобран необходимый экстрагент — метилбензоат, который является побочным продуктом процесса получения ДМТ и по существующей технологии подвергается сжиганию в смеси с мазутом для нагрева органического теплоносителя. Установлен оптимальный диапазон температуры проведения процесса экстракции 313–353 К.

Экспериментально установлены фазовые равновесия в системах метилбензоат — вода — метанол, метилбензоат — вода — смесь кислот  $C_1-C_2$ , метилбензоат — вода — п-ксилол.

В лабораторных условиях изучена возможность извлечения органических веществ из сточной воды производства ДМТ метилбензоатом. Сточную воду обрабатывали метилбензоатом в соотношении 1 : 0,1+3 с последующим нагреванием смеси до 303–353 К. При этом степень извлечения органических соединений

( в том числе органических кислот ) составляла 95%, а муравьиной и уксусной – 95–97%.

Показано, что использование экстракции позволяет очистить сточную воду и возвратить в производство ценные компоненты: п-ксилол, пт-эфир, ДМТ, уксусную кислоту.

#### Адсорбционная очистка сточных вод.

Исследования проводились в лабораторных условиях с применением активных углей и ионитов. Рассмотрены теоретические основы процесса жидкостной сорбции.

Показано, что характерной особенностью молекулярной сорбции из растворов является ее вытеснительный характер. Молекулярная сорбция происходит в основном за счет дисперсионного взаимодействия и приводит к мономолекулярному строению адсорбционного слоя.

Это подтверждается значением величин максимальной удельной адсорбции, определенных экспериментально и рассчитанных для мономолекулярного слоя неассоциированных и ассоциированных в растворе веществ.

Основой для вывода уравнений равновесного распределения вещества между фазами является нахождение минимума термодинамического потенциала Гиббса. Для системы, находящейся при постоянной температуре и давлении, условие равновесия определяется уравнением:

$$\Delta F_{TP} = \sum n_j \bar{\mu} - \sum \bar{n}_j \bar{\mu} \quad (7)$$

где:  $\Delta F_{TP}$  – изменение термодинамического потенциала систем;

$\mu_j, \bar{\mu}$  – химические потенциалы компонентов в жидкой и твердой фазе;

$n_j, \bar{n}$  – число молей компонента, прошедших из одной фазы в другую.

Зависимость химического потенциала от концентрации и давления определяется уравнением:

$$\mu_i(p, x) = \mu_i^{\circ}(p_0) + RT \ln a_i + (p - p_0) v_i \quad (8)$$



где:  $\mu_i(P, X)$  - значение химического потенциала при давлении  $P$  и концентрации  $X$  ;

$\mu_i^0(P_0)$  - значение химического потенциала при стандартном давлении  $P_0$  ;

$a_i$  - активность ;

$V_i$  - парциальный молярный объем.

Уравнение 8 определяет общий вид уравнения изотермы при сорбции из бинарных растворов.

Стадиям процесса жидкостной адсорбции соответствуют три кинетических коэффициента: коэффициент самодиффузии, коэффициент турбулентной диффузии и коэффициент конвективной диффузии.

Коэффициент самодиффузии есть переменная величина, которая является функцией времени, координат и концентрации. Он выражается уравнением:

$$D = D' \left( 1 + \frac{d \ln f}{d \ln X} \right) \quad (9)$$

где:  $D$  - коэффициент диффузии ;

$D'$  - коэффициент самодиффузии ;

$\left( 1 + \frac{d \ln f}{d \ln X} \right)$  - термодинамический множитель коэффициента диффузии.

Коэффициент турбулентной диффузии зависит от гидродинамической обстановки. При движении жидкости по каналам в слое зернистого материала  $D_k \sim D_T$ .

В движущейся ламинарно жидкости наряду с диффузией происходит перенос вещества конвекцией. Этот суммарный перенос конвективная диффузия. Поток вещества при конвективной диффузии определяется выражением:

$$J_{\text{конв}} = J_{\text{конв}} + J_{\text{диф}} = W_X - D \text{grad} \quad (10)$$

где:  $W$  - скорость жидкости.

Поток вещества в турбулентном потоке определяется из выражения аналогичного 10:

$$J_{\text{турб}} = J_{\text{конв}} + J_{\text{диф}} = W_X - (D - D_T) \text{grad} X = W \cdot D_k \text{grad} X \quad (11)$$

где:  $D_T$  - коэффициент турбулентной диффузии;  
 $D_K$  - коэффициент конвективной диффузии.

Исследование процесса адсорбционной очистки проводили в статическом и динамическом режимах. Проведенные эксперименты в лабораторных условиях позволили установить, что величина pH сточной воды в результате адсорбции через активированный уголь и иониты выросла с 2,7 до 8,2. Концентрация метанола практически не изменилась.

Результаты адсорбции сточной воды активированным углем и ионитами представлены в таблице.

Таблица

Результаты адсорбции сточной воды активированным углем и ионитами.

Показатели качества	Ед. измер.	Исходная сточная вода	После актив. угля	После катионита КУ-2	После анионита АВ-17
pH	ед.	2,7	3,2	3,6	8,2
Уксусная кислота	г/л	13,5	12,1	11,8	отс.
Метанол	г/л	14,8	14,8	14,6	13,7
Прочие органические примеси	мг/л	500	отс.	отс.	отс.

Результаты проведенных исследований показали, что адсорбцию целесообразно использовать при доочистке сточных вод после стадий экстракции и выпаривания. При этом очищенные сточные воды можно возвращать на технологические нужды, для подпитки системы оборотного водоснабжения и на приготовление химочищенной воды для питания котлов-утилизаторов.

#### Очистка методом ректификации.

Лабораторные исследования проводились на специально изготовленной установке, состоящей из колбы, снабженной колонкой с насадкой и обратным холодильником (дефлегматором), устройствами для нагрева сточной воды и отбора дистиллята.

Сточную воду подогревали до температуры 313 К и подавали в верхнюю часть насадочной колонны. В качестве насадки использовали керамические кольца. Производительность установки - 0,5 л/ч по сточной воде.

В результате разгонки сточной воды концентрация дистиллята увеличилась на 675 г/л. ХПК кубового остатка было снижено на 89%. Концентрация метанола в кубовом остатке составила 650 мг/л.

Для определения возможности очистки сточных вод методом ректификации производили перегонку метанола на установке, содержащей дефлегматоры 15 и 40 см, а также холодильник. Полученные данные представлены на рис. 1,2. Исследования показали, что ректификация сточных вод с целью выделения из них метанола возможна. При разгонке с дефлегматором 40 см был получен дистиллят метанола с концентрацией 75-80%. В кубовой жидкости метанол имел концентрацию 0,8-1,0 г/л.

В результате проведенных исследований была разработана технологическая схема локальной очистки сточных вод производства ДМТ, представленная на рис.3. Схема предусматривает ректификацию сточных вод после стадии окисления, экстракционную очистку после стадии этерификации, адсорбционную очистку дистиллята и огневое обезвреживание стоков. Уловленные ценные компоненты возвращаются в основное производство.

Результаты исследований позволили усовершенствовать технологию производства ДМТ, сократить выбросы вредных веществ в водоемы, уловить и повторно использовать ценные органические соединения в основном производстве, создать малосточное производство.

Третья глава посвящена промышленному испытанию локальной очистки сточных вод.

На основании выполненных исследований автором разработана технологическая схема и установка ректификации сточных вод после стадии окисления, а также установка экстракционной очистки метилбензоатом сточных вод после стадии этерификации.

Установка ректификации (рис.4) состоит из ректификационной колонны - 1, кипятильника - 2, конденсаторов - 3,4, делителя флегмы - 5 и другого вспомогательного оборудования.

Ректификацию сточной воды осуществляли непрерывно с расходом от 5 до 8,5 т/ч при температуре в кубе колонны 375-378 К и подаче флегмы - 1,0-2,0 т/ч. Результаты разгонки сточной воды после стадии окисления показывают, что при ректификации промышленных стоков можно получить метанол, удовлетворяющий требованиям для повторного его использования

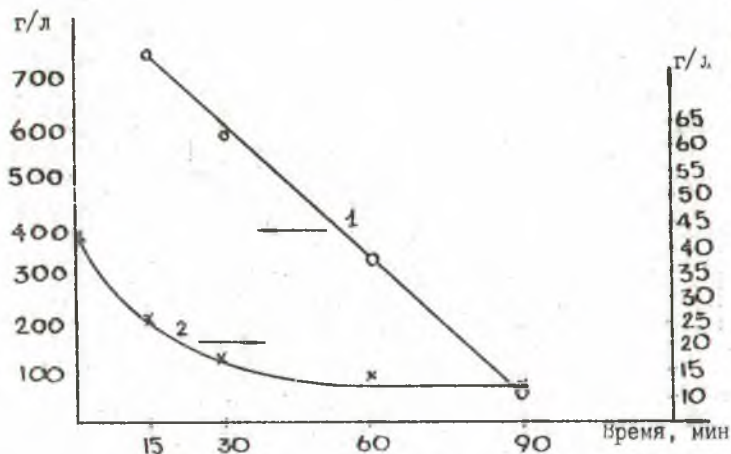


Рис.1. Исследование разгонки сточной воды на лабораторной установке.  
 Дефлегматор высотой 15 см.  
 1 - концентрация метанола в дистилляте;  
 2 - концентрация метанола в кубе.

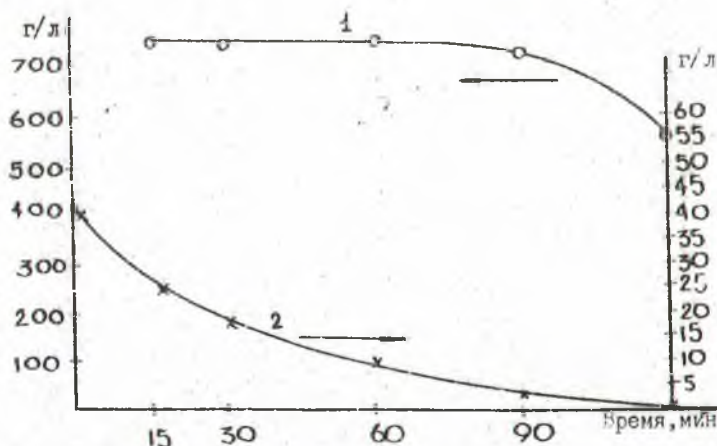


Рис.2. Исследование разгонки сточной воды на лабораторной установке.  
 Дефлегматор высотой 40 см.  
 1 - концентрация метанола в дистилляте;  
 2 - концентрация метанола в кубе.

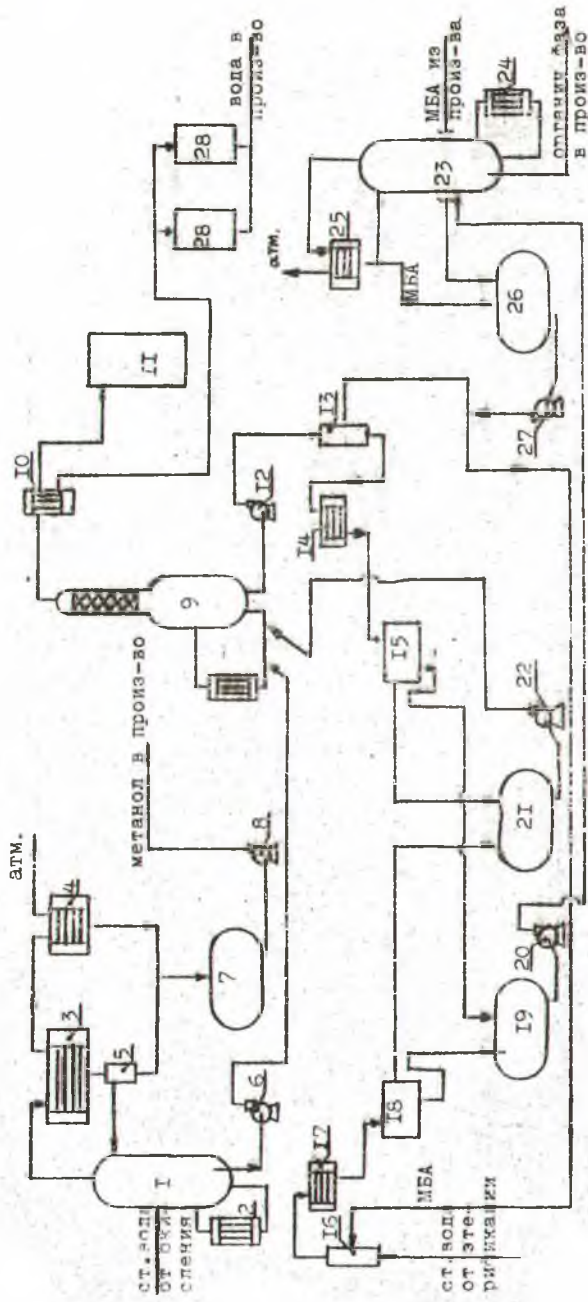


Рис. 3 Технологическая схема очистки сточных вод производства ДМТ

- 1-колонна ректификации
- 2-насос подачи воды
- 3-кислотный конденсатор
- 4-холодильник
- 5-делитель флегмы
- 6-насос подачи воды
- 7-емкость метанола
- 8-насос подачи метанола
- 9-испаритель
- 10-конденсатор
- 11-печь сжигания
- 12-насос тяж.фазы
- 13-смеситель
- 14-холодильник
- 15,18-отстойник-сепаратор
- 19-сборник органич.фазы
- 20-насос органич.фазы
- 21-сборник сточной воды
- 22-насос сточной воды
- 23-колонна разгонки МБА
- 24-кислотный конденсатор
- 25-сборник МБА
- 26-насос МБА
- 27-насос МБА
- 28-адсорберы

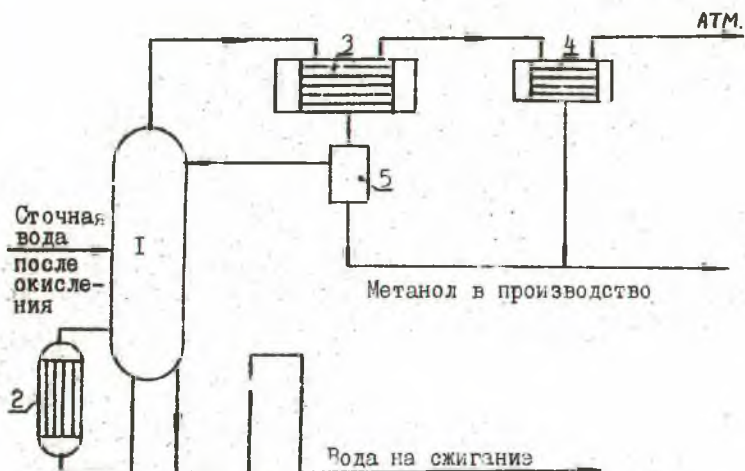


Рис. 4. Схема установки для ректификации сточной воды после стадии окисления.

- 1-колонна ректификации;      4-холодильник;  
 2-кипятыльник;                5-делитель флегмы;  
 3-конденсатор;

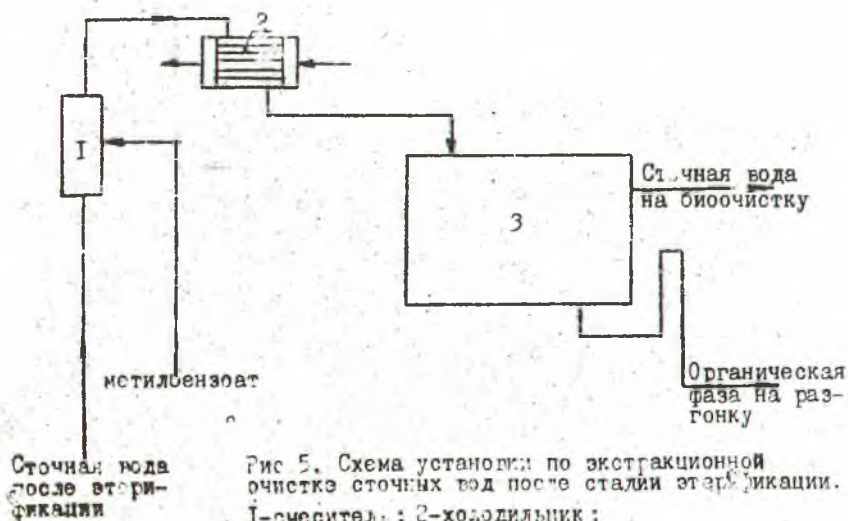


Рис. 5. Схема установки по экстракционной очистке сточных вод после стадии этерификации.  
 1-сепаратор; 2-холодильник;  
 3-паратор-отстойник.

в процессе получения ДМТ. Содержание метанола в дистилляте составило 90-92%, а в кубовой жидкости - 0,5-2,0%. Разработанная технологическая схема позволяет уловить из сточных вод 10-20 кг метанола на тонну ДМТ, что составляет 600 - 1200 тонн этого продукта в год на одну установку ДМТ для МПО "Химволокно" им. В.И. Ленина.

В процессе исследований на промышленной установке ректификации сточных вод были полностью подтверждены полученные ранее результаты в лабораторных условиях.

Установка экстрактивной очистки сточных вод после стадии этерификации (рис.5) состоит из смесителя \* 1, холодильника - 2, сепаратора-отстойника - 3 и другого вспомогательного оборудования.

Экстракцию сточных вод осуществляли непрерывно с расходом воды 4,0-5,0 т/ч, экстрагента метилбензоата 80-250кг/ч при температуре 313-353 К. Время пребывания воды в сепараторе-отстойнике - 8 часов.

Исследования процесса экстрактивной очистки сточных вод после стадии этерификации показали, что эффективность улавливания органических примесей составляет 93-95%.

Проведенные исследования позволили разработать технологию и технологическую схему локальной очистки промышленных сточных вод производства ДМТ.

Разработанная технология очистки сточных вод внедрена в производство ДМТ с экономическим эффектом 61,3 тыс. руб. в год.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена классификация сточных вод по стадиям процесса получения диметилтерефталата и представлены условия формирования сточных вод в производстве ДМТ.

2. На основании разработанных инструментальных методов анализа проведена идентификация и инвентаризация вредных веществ в сточных водах производства ДМТ.

3. Разработана методика и проведены экспериментальные исследования процессов очистки сточных вод от примесей

органических веществ.

4. Экспериментально установлены коэффициенты распределения и изучены фазовые равновесия в системах: вода - органические примеси (метанол, п-ксилол, органические кислоты, пт-эфир) - метилбензоат.

5. На основании исследований определен оптимальный технологический режим процессов этерификации и ректификации, разработана технологическая схема локальной очистки сточных вод и подобрано оборудование для промышленной установки.

6. В условиях Могилевского производственного объединения "Химволокно" им. В.И.Ленина проведены опытно-промышленные испытания разработанной технологии с внедрением ее в производство.

7. Разработанная технологическая схема локальной очистки сточных вод производства ДМТ дает возможность создать малоотходную технологию, возвращать уловленные ценные продукты в основное производство. Возврат уловленных продуктов позволит улучшить технико-экономические показатели производства.

Экономический эффект от внедрения разработанных процессов на Могилевском производственном объединении "Химволокно" им. В.И.Ленина составляет 61,3 тыс. руб. в год.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. А.с. 710975 (СССР). Способ очистки сточных вод производства диметилтерефталата. Залого М.И., Аноприенко В.И., Бальков Б.Г., Кудряшова Н.Л. - Оpubл. в Б.И., 1980, № 3.

2. А.с. 729139 (СССР). Способ извлечения органических соединений из сточных вод. Залого М.И., Аноприенко В.И., Бальков Б.Г. - Оpubл. в Б.И., 1980, № 15.

3. А.с. 804632 (СССР). Способ получения монометилтерефталата. Залого М.И., Бальков Б.Г., Глуховская М.И., Фалдина Н.Т. - Оpubл. в Б.И., 1981, № 6.

4. Залого М.И., Астахов В.А., Лукин В.Д., Челноков А.А., Якубеня Н.А.. Исследование очистки сточных вод в производстве диметилтерефталата. - В кн.: Экологическая технология и очистка промышленных выбросов. Межвузовский сборник научных трудов. Л., изд. ЛТИ им.Ленсовета, 1982, с.72-77.



5. Залого М.И., Лукин В.Д., Астахов В.А., Зеня Н.А., Челноков А.А.. Исследование экстракционного метода очистки сточных вод в производстве диметилтерефталата. - В кн.: Экологическая технология и очистка промышленных выбросов. Межвузовский сборник научных трудов. Л., изд. ЛТИ им.Ленсовета, 198-, с.77-80.

6. Залого М.И., Астахов В.А., Якубеня А.А.. Проблемы очистки сточных вод производства диметилтерефталата (ДМТ). Тезисы докладов научно-технической конференции, Минск. "Бессточные и малосточные производства - эффективная мера в рациональном использовании водных ресурсов" г. Новополоцк, БелНИИТИ, декабрь, 1982, с.18-20.

*А.В. Залого*

Михаил Иванович Залого

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИМЕТИЛГЛУКРЕТАЛАТА

Подписано в печать 23.04.84. АТ 16570. Формат 60x84 1/16.

Печать офсетная. Усл.печ.л.1,17. Усл.кр.-слт.1,17. Уч.-изд.л.1,0.

Тираж 100 экз. Заказ *238* . Бесплатно.

Отпечатано на ротапринтере Белорусского ордена Трудового Красного  
Знамени технологического института имени С.М.Кирова

220630. Минск, Свердлова, 13.